

**ANALISIS FAKTOR BEBAN DAN PENENTUAN KAPASITAS TRAFO
DENGAN METODE K-MEANS CLUSTERING DI PT.PLN (PERSERO) ULP
PEDAN PADA SEKTOR RUMAH TANGGA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DEVI ARUM LESTARI

D400 170 097

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS FAKTOR BEBAN DAN PENENTUAN KAPASITAS TRAFO
DENGAN METODE K-MEANS CLUSTERING DI PT.PLN (PERSERO) ULP
PEDAN PADA SEKTOR RUMAH TANGGA**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



DEVI ARUM LESTARI

D400 170 097

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS FAKTOR BEBAN DAN PENENTUAN KAPASITAS TRAFO
DENGAN METODE K-MEANS CLUSTERING DI PT.PLN (PERSERO) ULP
PEDAN PADA SEKTOR RUMAH TANGGA**

OLEH

DEVI ARUM LESTARI

D400 170 097

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 2 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Umar, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Agus Supardi, S.T., M.T.)
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Aris Budiman, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ross Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 2 Juli 2021

Penulis



DEVI ARUM LESTARI

D400 170 097

ANALISIS FAKTOR BEBAN DAN PENENTUAN KAPASITAS TRAFO DENGAN METODE K-MEANS CLUSTERING DI PT.PLN (PERSERO) ULP PEDAN PADA SEKTOR RUMAH TANGGA

Abstrak

Faktor beban merupakan salah satu faktor penentu karakteristik beban yang diperoleh dari perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak dalam periode waktu tertentu. Terdapat beberapa sektor penggunaan listrik diantaranya sektor rumah tangga, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha. Sektor rumah tangga mengalami lebih banyak kenaikan listrik secara fluktuatif. Hal ini disebabkan karena para pelanggan menggunakan listrik lebih dominan pada malam hari yang mana sering disebut dengan waktu beban puncak. Kebutuhan listrik pada saat beban puncak dapat mengakibatkan konsumsi listrik yang tidak efisien. Semakin tinggi nilai faktor beban menandakan semakin merata beban sistemnya. Terdapat beberapa golongan pada sektor rumah tangga, diantaranya R1 (450 VA), R1 (900VA), R1 (2200VA), R2 (3500-5500 VA), R2 (6600 VA ke atas). Faktor beban dapat digunakan untuk memilih kapasitas transformator secara tepat dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis faktor beban pada ULP Pedan, serta mengklusterisasi faktor beban menggunakan metode *k-means clustering*. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah trafo yang telah terpasang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai faktor beban pada sektor rumah tangga di PT. PLN (Persero) ULP Pedan faktor beban tertinggi terdapat pada golongan tarif R.1 / 450 VA I pada bulan maret yaitu sebesar 0,816 dan paling rendah 0,214 di golongan tarif R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA. Hasil pengklusteran faktor beban, anggota paling sedikit yaitu 2 anggota terdapat pada cluster 2 yang menunjukkan nilai faktor beban tinggi dibanding dua cluster yang lainnya. Hasil pengklusteran cluster 0 dan cluster 1 terdapat masing-masing 6 anggota. Kapasitas trafo pada perhitungan lebih besar dibandingkan dengan kapasitas trafo yang terpasang di lapangan.

Kata Kunci: Beban puncak, Beban rata-rata, Faktor beban, K-means clustering, Kapasitas trafo

Abstract

The load factor is one of the determinants of the load characteristics obtained from the comparison between the average load and the peak load in a certain period of time. There are several sectors of electricity use including the household sector, the industrial sector, the commercial sector and the business sector. The household sector experienced more volatile increases in electricity. This is because customers use electricity more dominantly at night. This is often referred to as the peak load time. The need for electricity during peak loads can result in inefficient electricity consumption. The higher the load factor value, the more evenly distributed the system load. There are several groups in the household sector, including R1 (450 VA), R1 (900VA), R1 (2200VA), R2 (3500-5500 VA), R2 (6600 VA and above). Load factor can be used for selecting the appropriate and economical capacity of the transformer. This study aims to determine the average load value, peak load value, load factor value in each group and to analyze the load factor using the k-means clustering method. This study also aims to determine whether the transformer that has been installed is in accordance with customer needs. The results in this study can be concluded that value of the load factor in the household sector at PT. PLN (Persero) ULP Pedan the highest load

factor is in the R.1 / 450 VA I tariff group in March, which is 0,816 and the lowest is 0,214 in the R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA tariff group. The results of the load factor clustering, there are at least two members in cluster 2, which shows a high load factor value compared to the other two clusters. Results of cluster 0 and cluster 1 have six members each. The transformer capacity in the calculation is larger than the transformer capacity installed in the field.

Keywords: Peak load, Average load, Load factor, K-means clustering, Transformer capacity

1. PENDAHULUAN

Daya listrik dihasilkan dan dialirkan kepada pelanggan melalui sebuah sistem kelistrikan. Sistem kelistrikan atau bisa disebut juga dengan sistem tenaga listrik adalah sebuah jaringan yang terdiri atas tiga buah sistem yaitu sistem pembangkit listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Sistem distribusi listrik merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk meyalurkan listrik dari jaringan transmisi ke pelanggan listrik. Terdapat dua jenis sistem distribusi yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder.

Sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi empat sektor yaitu sektor rumah tangga, sektor industri, sektor komersial dan sektor fasilitas umum. Perbedaan yang paling menonjol dari keempat sektor tersebut adalah daya listrik yang digunakan dan waktu penggunaannya. Penggunaan daya listrik di sektor industri lebih merata dikarenakan mesin industri beroperasi selama hampir 24 jam, sedangkan di sektor komersil daya listrik lebih banyak digunakan pada siang dan sore hari. Sektor beban fasilitas umum lebih dominan pada siang dan malam hari. Dibandingkan dengan sektor yang lainnya, pada sektor rumah tangga mengalami lebih banyak kenaikan listrik secara fluktuatif. Fluktuasi ini disebabkan karena jumlah pengguna listrik pada sektor rumah tangga terbilang cukup dominan. Pemakaian listrik pelanggan perumahan pada malam hari lebih besar dibandingkan dengan pemakaian listrik pada siang hari (Sharma, 2014). Kenaikan penggunaan listrik secara signifikan pada waktu tertentu disebut dengan waktu beban puncak. Beban puncak rata-rata pada interval tertentu (*demand maximum*) pada umumnya digunakan selama 15-30 menit. Kebutuhan energi listrik pada saat beban puncak dapat mengakibatkan konsumsi listrik yang tidak efisien. Terdapat beberapa golongan pada sektor rumah tangga, diantaranya R1 (450 VA), R1 (900VA), R1 (2200VA), R2 (3500-5500 VA), R2 (6600 VA ke atas).

Profil beban listrik memiliki posisi sentral dalam penelitian sistem tenaga selama beberapa dekade karena perannya dalam peramalan beban (Aneiros, 2016). Profil beban berisi informasi tentang kebutuhan energi per jam yang mana dapat digunakan untuk penentuan kapasitas sistem energi (Fischer, 2015). Penggunaan listrik oleh pelanggan mempunyai bermacam perbedaan karakteristik. Hal ini akan mempengaruhi penggunaan kapasitas listrik, karena besarnya daya listrik yang digunakan menyesuaikan jenis beban yang terpasang. Terdapat tiga jenis sifat beban yaitu resistif, induktif dan kapasitif (Belo, 2016). Sifat beban tersebut mempunyai pengaruh pada sistem faktor beban. Semakin tinggi nilai faktor beban maka semakin baik. Hal tersebut menandakan semakin merata beban sistemnya. Ketika sebuah sistem mempunyai nilai faktor beban yang kecil dan daya reaktif tinggi maka PLN akan memberikan beban tarif berbeda sehingga dibutuhkan perbaikan faktor

daya. Faktor beban listrik dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi beban puncak atau *peak load* (Sharma, 2014).

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada sistem tenaga listrik terkait bentuk pola beban listrik yang naik turun di banyak sektor, maka dibutuhkan karakteristik beban tenaga listrik untuk mengetahui detail permasalahan yang ada di industri tenaga listrik. Karakteristik beban tersebut dapat digunakan untuk beberapa hal salah satunya memilih kapasitas transformator secara tepat dan ekonomis. Faktor yang sangat mempengaruhi penentuan kapasitas transformator adalah faktor beban. Penentuan kapasitas transformator harus sesuai dengan beban yang disuplai dengan presentase pembebanan transformator mendekati 80% kapasitas trafo yang digunakan (Sampeallo, 2012)

Penelitian analisa faktor beban dan penentuan kapasitas trafo, penulis melakukan penelitian dengan objek studi sektor rumah tangga pada PT.PLN (Persero) ULP Pedan.

Tujuan penulis melakukan penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisis nilai faktor beban pada pendistribusian daya listrik dari PLN ke pelanggan, mengklusterisasi faktor beban menggunakan metode *k-means clustering*, serta untuk mengetahui nilai kapasitas trafo.

2. METODE

Faktor beban merupakan salah satu faktor penentu karakteristik beban yang diperoleh dari perbandingan antara beban rata-rata dengan beban puncak dalam periode waktu tertentu. Konsumsi listrik pada sektor rumah tangga mengalami peningkatan secara fluktuatif karena lebih dominan pada malam hari. Maka dari itu, penulis ingin menganalisis dan mengklusterisasi nilai faktor beban pelanggan pada sektor rumah tangga di wilayah ULP Pedan serta mengetahui kapasitas trafo yang terpasang berdasarkan faktor beban yang telah dihitung. Penelitian tugas akhir ini menggunakan beberapa metode yang diharapkan dapat menghasilkan hasil yang maksimal antara lain sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan oleh penulis dalam memperoleh informasi yang berhubungan dengan penelitian melalui buku, skripsi, artikel publikasi dan karya ilmiah lainnya.

2. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data, penulis memperoleh data dari PT.PLN (Persero) ULP Pedan.

3. Pengolahan Data dan Analisis

Pengolahan data faktor beban dilakukan dengan menggunakan Microsoft excel sesuai dengan rumus faktor beban, yaitu:

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{beban rata-rata periode tertentu}}{\text{beban puncak periode tertentu}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

$$\text{Beban rata-rata} = \frac{\text{Konsumsi listrik pada periode waktu tertentu}}{\text{Waktu penggunaan pada periode waktu tertentu}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Beban puncak} = \text{daya listrik (VA)} \times \text{faktor daya} = S \times \cos \theta \dots\dots\dots (3)$$

Analisa nilai faktor beban yang telah didapatkan akan dianalisa menggunakan metode algoritma *K-means clustering*. Metode *K-means clustering* digunakan untuk mengklasifikasikan faktor beban yang telah dihitung menjadi beberapa *cluster*. Metode *k-means clustering* adalah proses pengelompokan suatu objek atau data ke dalam kelompok kluster berdasarkan persamaan karakteristik yang dimiliki, dimana kelompok kluster diwakili oleh variable K. Penentuan kluster menggunakan titik pusat atau *centroid* (Wati, 2019). Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam mengklasifikasikan faktor beban dengan metode *k-means clustering*,

- a) Menentukan jumlah kluster lalu memilih secara acak K data (C_1, C_2, C_3, \dots) yang akan digunakan sebagai titik pusat kluster atau *centroid*.

$$\mathcal{F} = \sum_{j=1}^k \sum_{\substack{i: X_i \text{ is} \\ \text{associated to } j}} \|X_i - c_j\|^2$$

di mana (C_1, C_2, \dots, C_k) $\in \mathbb{R}^d$ adalah k cluster dengan tidak diketahui *centroid*.

- b) Menghitung jarak semua data ke setiap *centroid* kelompok kluster dengan menggunakan teori *Euclidean*.

$$\mathcal{F} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} \|X_i - c_j\|^2$$

; Dimana α_{ij} sama dengan 1 sedangkan jarak

X_i sampai j-th *centroid* minimum di antara jarak ke *centroid* yang lain.

- c) Data ditempatkan ke dalam kluster yang jaraknya paling dekat, dihitung dari titik pusat kluster. Pusat kluster yang baru akan ditentukan kembali apabila semua data telah ditempatkan ke dalam kluster terdekat. Penentuan *centroid* kluster dan penempatan data dalam kluster terus diulangi sampai nilai *centroid* tidak berubah lagi.

Penentuan kapasitas transformator dengan menghitung kebutuhan beban maksimum yaitu faktor kebutuhan x beban terpasang. Faktor kebutuhan adalah perbandingan beban pucak dengan beban terpasang. Dilihat dari tabel faktor kebutuhan, sektor rumah tangga mempunyai

nilai faktor kebutuhan sebesar 0,4. Rumus penentuan kapasitas trafo

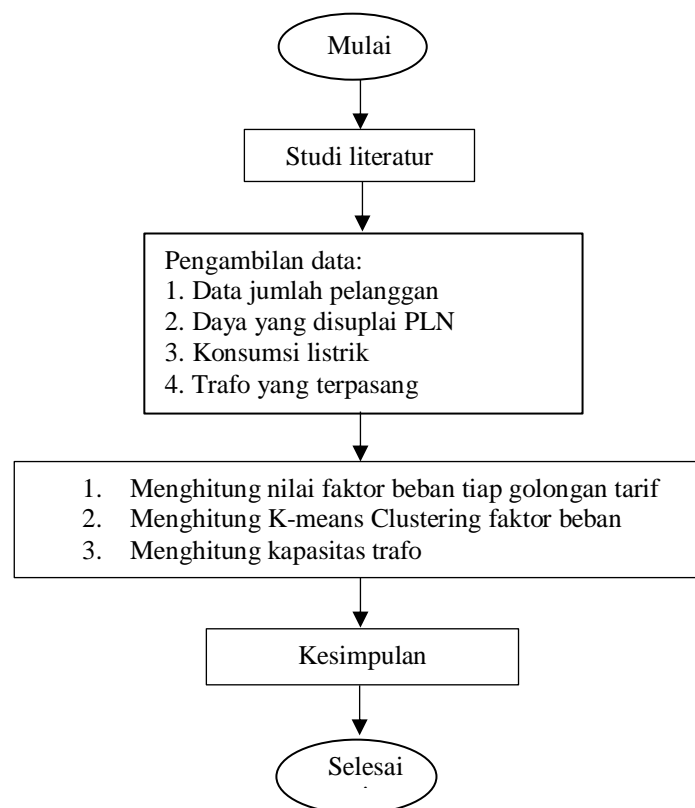
$$= \frac{\text{kebutuhan beban maksimum} \times 115\%}{\text{faktor beban}} \dots\dots\dots (4).$$
 115% disini menunjukkan pembebanan trafo sebesar 100% ditambah 15% sebagai daya cadangan untukantisipasi jika ada penambahan daya.

4. Studi Bimbingan

Studi bimbingan dilaksanakan mulai dari judul sampai dengan penyusunan proposal.

5. Pembuatan Laporan

Penulis menyusun laporan penelitian tugas akhir yang merupakan hasil dari penelitian.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian yang digunakan diambil dari data PT. PLN (Persero) ULP Pedan. Berikut ini adalah data yang diperlukan dalam penelitian:

Tabel 1. Data pelanggan rumah tangga di ULP Pedan

Bulan Maret 2021			
Golongan Tarif	Jumlah Pelanggan	Daya (VA)	Konsumsi Listrik (KWh)
R.1 / 450 VA I	63.864	28.738.800	5.583.345
R.1 / 900 VA I	18.030	16.227.000	2.288.569

R.1M / 1.300 VA I	24.671	22.203.900	2.412.371
R.1 / 1.300 VA	4.918	6.393.400	601.782
R.1 / 2.200 VA	1.860	4.092.000	318.051
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	727	3.044.800	155.340
R.3 / 6.600 VA ke atas I	70	724.100	47.673
Jumlah Total	114.140	81.424.000	11.407.131

Tabel 2. Data pelanggan rumah tangga di ULP Pedan

Bulan April 2021			
Golongan Tarif	Jumlah Pelanggan	Daya (VA)	Konsumsi Listrik (KWh)
R.1 / 450 VA I	63.911	28.759.950	4.893.484
R.1 / 900 VA I	18.078	16.270.200	2.171.368
R.1M / 1.300 VA I	24.798	22.318.200	2.447.561
R.1 / 1.300 VA	4.927	6.405.100	611.869
R.1 / 2.200 VA	1.875	4.125.000	325.380
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	756	3.191.000	159.776
R.3 / 6.600 VA ke atas I	74	786.800	49.174
Jumlah Total	114.419	81.856.250	10.658.612

3.1 Perhitungan Faktor Beban

Contoh perhitungan faktor beban listrik bulan maret

- Beban rata-rata = $\frac{11.407.131 \text{ KWh}}{31 \times 24} = \frac{11.407.131 \text{ KWh}}{744 \text{ jam}} = 15.332,16 \text{ KW}$
- Beban puncak = faktor kebutuhan x beban terpasang x 0,8 = $0,4 \times \frac{81.424.000 \text{ VA}}{1000} \times 0,8$
= 26.055,68 KW
- Faktor Beban = $\frac{15.332,16}{26.055,68} = 0,58 = 58\%$

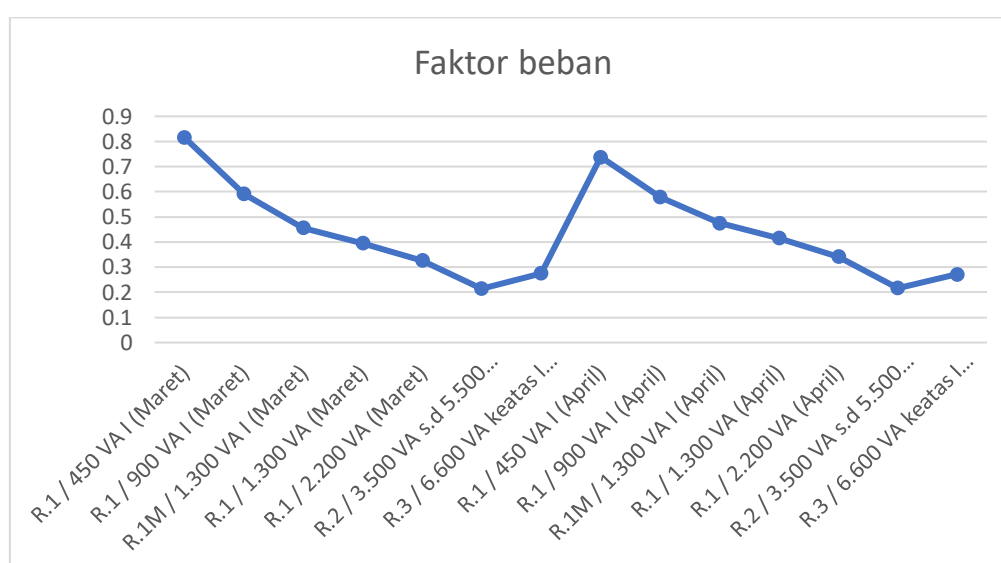
Faktor beban pada bulan April bernilai 0,56, dihitung menggunakan metode yang sama.

Tabel 3. Hasil perhitungan faktor beban

Golongan Tarif	Faktor beban	(%)
R.1 / 450 VA I	0,816	81,6
R.1 / 900 VA I	0,592	59,2
R.1M / 1.300 VA I	0,456	45,6
R.1 / 1.300 VA	0,395	39,5
R.1 / 2.200 VA	0,326	32,6
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	0,214	21,4
R.3 / 6.600 VA ke atas I	0,276	27,6
Bulan Maret	0,58	58

Tabel 4. Hasil perhitungan faktor beban

Bulan April		
Golongan Tarif	Faktor beban	(%)
R.1 / 450 VA I	0,738	73,8
R.1 / 900 VA I	0,579	57,9
R.1M / 1.300 VA I	0,476	47,6
R.1 / 1.300 VA	0,415	41,5
R.1 / 2.200 VA	0,342	34,2
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	0,217	21,7
R.3 / 6.600 VA ke atas I	0,271	27,1
Bulan April	0,56	56



Gambar 2. Grafik faktor beban

3.2 Perhitungan K-Means Clustering

Berdasarkan data nilai faktor beban yang telah dihitung, didapatkan 3 kelompok cluster yaitu cluster 0 (C0), cluster 1 (C1), cluster 2 (C2). C0 menunjukkan cluster dengan nilai faktor beban rata-rata, C1 dengan nilai faktor beban yang rendah dan C2 dengan nilai faktor beban tinggi.

Tabel 5. Centroid iterasi 1

Centroid iterasi 1	
C1 (minimal)	0,214
C0 (rata-rata)	0,43664
C2 (maksimal)	0,816

Perhitungan K-means clustering faktor beban pada sektor rumah tangga

a. Golongan tarif R1/900 VA I pada bulan maret

$$C1 = \sqrt{(0,592-0,214)^2} = 0,378$$

$$C0 = \sqrt{(0,592-0,43664)^2} = 0,155$$

$$C2 = \sqrt{(0,592-0,816)^2} = 0,224$$

b. Golongan tarif R1/2.200 VA pada bulan april

$$C1 = \sqrt{(0,342-0,214)^2} = 0,128$$

$$C0 = \sqrt{(0,342-0,43664)^2} = 0,094$$

$$C2 = \sqrt{(0,342-0,816)^2} = 0,474$$

Tabel 6. Hasil iterasi 1

Iterasi 1					
Golongan Tarif	Faktor beban	C1	C0	C2	Jarak terpendek
R.1 / 450 VA I (Maret)	0,816	0,602	0,379	0	0
R.1 / 900 VA I (Maret)	0,592	0,378	0,155	0,224	0,155
R.1M / 1.300 VA I (Maret)	0,456	0,242	0,019	0,36	0,0193
R.1 / 1.300 VA (Maret)	0,395	0,181	0,041	0,421	0,041
R.1 / 2.200 VA (Maret)	0,326	0,112	0,110	0,49	0,110
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA (Maret)	0,214	0	0,222	0,602	0
R.3 / 6.600 VA keatas I (Maret)	0,276	0,062	0,160	0,54	0,062
R.1 / 450 VA I (April)	0,738	0,524	0,301	0,078	0,078
R.1 / 900 VA I (April)	0,579	0,365	0,142	0,237	0,142
R.1M / 1.300 VA I (April)	0,476	0,262	0,039	0,34	0,039
R.1 / 1.300 VA (April)	0,415	0,201	0,021	0,401	0,021
R.1 / 2.200 VA (April)	0,342	0,128	0,094	0,474	0,094
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA (April)	0,217	0,003	0,219	0,599	0,003
R.3 / 6.600 VA keatas I (April)	0,271	0,057	0,165	0,545	0,057

Tabel 7. Hasil pengelompokan data iterasi 1

Iterasi 1								
Golongan Tarif (Maret)	C1	C0	C2	Golongan Tarif (April)	C1	C0	C2	
R.1 / 450 VA I			1	R.1 / 450 VA I			1	
R.1 / 900 VA I		1		R.1 / 900 VA I		1		
R.1M / 1.300 VA I		1		R.1M / 1.300 VA I		1		
R.1 / 1.300 VA		1		R.1 / 1.300 VA		1		
R.1 / 2.200 VA		1		R.1 / 2.200 VA		1		
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	1			R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	1			
R.3 / 6.600 VA keatas I	1			R.3 / 6.600 VA keatas I	1			

Tahap iterasi 1 didapatkan hasil pengelompokan cluster dimana pada C2 yaitu cluster dengan faktor beban yang cukup tinggi dibandingkan dengan cluster lainnya memiliki 2 anggota. C0 yaitu cluster dengan faktor beban rata-rata memiliki 8 buah anggota, sedangkan C1 yang merupakan cluster

dengan faktor beban rendah memiliki 4 anggota. Pengelompokan tersebut diperoleh dari jarak terpendek dari perhitungan ketiga centroid. Perhitungan k-means clustering akan terus berlangsung sampai didapatkan hasil iterasi yang sama antara iterasi sebelum dan sesudahnya (Afrina Wati, 2019). Centroid iterasi berikutnya diperoleh dari data iterasi sebelumnya yaitu dengan menghitung rata-rata faktor beban pada setiap anggota cluster. Pada penelitian ini terdapat 3 kali iterasi.

Tabel 8. *Centroid* iterasi 2

<i>Centroid</i> iterasi 2	
C1 (minimal)	0,2445
C0 (rata-rata)	0,447625
C2 (maksimal)	0,777

Tabel 9. Hasil iterasi 2

Iterasi 2					
Golongan Tarif	Faktor beban	C1	C0	C2	Jarak terpendek
R.1 / 450 VA I (Maret)	0,816	0,571	0,368	0,039	0,039
R.1 / 900 VA I (Maret)	0,592	0,347	0,144	0,185	0,144
R.1M / 1.300 VA I (Maret)	0,456	0,211	0,008	0,321	0,008
R.1 / 1.300 VA (Maret)	0,395	0,150	0,052	0,382	0,052
R.1 / 2.200 VA (Maret)	0,326	0,081	0,121	0,451	0,081
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA (Maret)	0,214	0,030	0,233	0,563	0,030
R.3 / 6.600 VA keatas I (Maret)	0,276	0,031	0,171	0,501	0,031
R.1 / 450 VA I (April)	0,738	0,493	0,290	0,039	0,039
R.1 / 900 VA I (April)	0,579	0,334	0,131	0,198	0,131
R.1M / 1.300 VA I (April)	0,476	0,231	0,028	0,301	0,028
R.1 / 1.300 VA (April)	0,415	0,170	0,032	0,362	0,032
R.1 / 2.200 VA (April)	0,342	0,097	0,105	0,435	0,097
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA (April)	0,217	0,027	0,230	0,56	0,027
R.3 / 6.600 VA keatas I (April)	0,271	0,026	0,176	0,506	0,026

Tabel 10. Hasil pengelompokan data iterasi 2

Iterasi 2							
Golongan Tarif (Maret)	C1	C0	C2	Golongan Tarif (April)	C1	C0	C2
R.1 / 450 VA I			1	R.1 / 450 VA I			1
R.1 / 900 VA I		1		R.1 / 900 VA I		1	
R.1M / 1.300 VA I		1		R.1M / 1.300 VA I		1	
R.1 / 1.300 VA		1		R.1 / 1.300 VA		1	
R.1 / 2.200 VA	1			R.1 / 2.200 VA	1		
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	1			R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	1		
R.3 / 6.600 VA keatas I	1			R.3 / 6.600 VA keatas I	1		

Terdapat perubahan pengelompokan anggota cluster pada iterasi kedua yaitu pada C0 dan C1. Perubahan tersebut terjadi pada golongan tarif R1/2200 VA bulan Maret dan April.

Tabel 11. *Centroid* iterasi 3

<i>Centroid</i> iterasi 3	
C1 (minimal)	0,274333
C0 (rata-rata)	0,4855
C2 (maksimal)	0,777

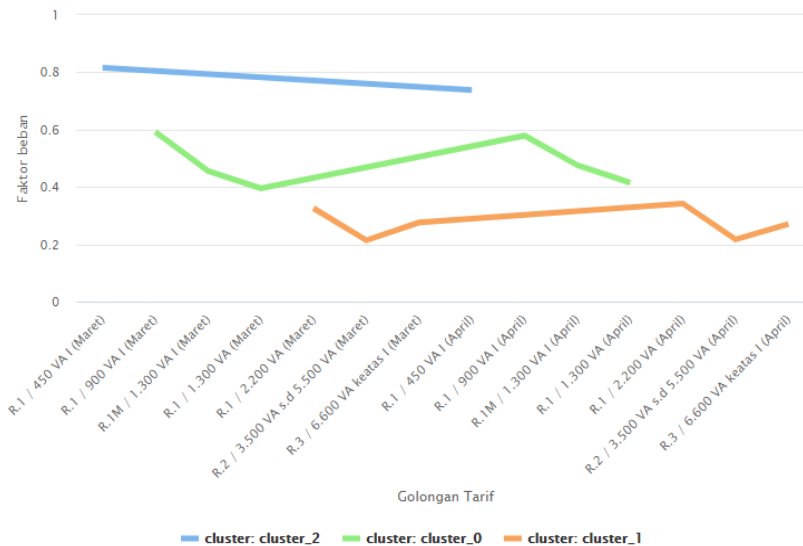
Tabel 12. Hasil iterasi 3

Iterasi 3					
Golongan Tarif	Faktor beban	C1	C0	C2	Jarak terpendek
R.1 / 450 VA I (Maret)	0,816	0,541	0,330	0,039	0,039
R.1 / 900 VA I (Maret)	0,592	0,317	0,106	0,185	0,106
R.1M / 1.300 VA I (Maret)	0,456	0,181	0,029	0,321	0,029
R.1 / 1.300 VA (Maret)	0,395	0,120	0,090	0,382	0,090
R.1 / 2.200 VA (Maret)	0,326	0,051	0,159	0,451	0,051
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA (Maret)	0,214	0,060	0,271	0,563	0,060
R.3 / 6.600 VA keatas I (Maret)	0,276	0,001	0,209	0,501	0,001
R.1 / 450 VA I (April)	0,738	0,463	0,252	0,039	0,039
R.1 / 900 VA I (April)	0,579	0,304	0,093	0,198	0,093
R.1M / 1.300 VA I (April)	0,476	0,201	0,009	0,301	0,009
R.1 / 1.300 VA (April)	0,415	0,140	0,070	0,362	0,070
R.1 / 2.200 VA (April)	0,342	0,067	0,143	0,435	0,067
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA (April)	0,217	0,057	0,268	0,56	0,057
R.3 / 6.600 VA keatas I (April)	0,271	0,003	0,214	0,506	0,003

Tabel 13. Hasil pengelompokan data iterasi 3

Iterasi 3							
Golongan Tarif (Maret)	C1	C0	C2	Golongan Tarif (Maret)	C1	C0	C2
R.1 / 450 VA I			1	R.1 / 450 VA I			1
R.1 / 900 VA I		1		R.1 / 900 VA I		1	
R.1M / 1.300 VA I		1		R.1M / 1.300 VA I		1	
R.1 / 1.300 VA		1		R.1 / 1.300 VA		1	
R.1 / 2.200 VA	1			R.1 / 2.200 VA	1		
R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	1			R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA	1		
R.3 / 6.600 VA keatas I	1			R.3 / 6.600 VA keatas I	1		

Hasil iterasi ketiga memiliki kesamaan dengan iterasi kedua, sehingga didapatkan hasil akhir dimana C1 dan C0 masing-masing memiliki 6 anggota, sedangkan C2 memiliki 2 anggota.



Gambar 3. Grafik hasil *clustering*

3.3 Perhitungan Kapasitas Trafo

a) Perhitungan kapasitas trafo

- Bulan maret

Kebutuhan beban maksimum = Faktor kebutuhan x beban terpasang

$$= 0,4 \times 81.424 \text{ KVA} = 32.569,6 \text{ KVA}$$

$$\text{Kapasitas trafo} = \frac{\text{kebutuhan beban maksimum} \times 115\%}{\text{faktor beban}} = \frac{32.569,6 \times 115\%}{0,58} = \frac{37.455,04}{0,58} = 64.577,65 \text{ KVA}$$

- Bulan April

Kebutuhan beban maksimum = Faktor kebutuhan x beban terpasang

$$= 0,4 \times 81.856,25 \text{ KVA} = 32.742,5 \text{ KVA}$$

$$\text{Kapasitas trafo} = \frac{\text{kebutuhan beban maksimum} \times 115\%}{\text{faktor beban}} = \frac{32.742,5 \times 115\%}{0,56} = \frac{37.653,875}{0,56} = 67.239,05 \text{ KVA}$$

b) Kapasitas trafo yang terpasang pada PT. PLN (Persero) ULP Pedan

Jumlah dan Daya Trafo	
Jumlah trafo (Unit)	Daya total (KVA)
1167	64.245

$$\text{Presentase pembebanan transformator pada bulan maret} = \frac{64.245}{81.424} \times 100\% = 78,90\%$$

$$\text{Presentase pembebanan transformator pada bulan april} = \frac{64.245}{81.856,25} \times 100\% = 78,48\%$$

4. PENUTUP

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai faktor beban pada sektor rumah tangga di PT. PLN (Persero) ULP Pedan faktor beban tertinggi terdapat pada golongan tarif R.1 / 450 VA I pada bulan maret yaitu sebesar 0,816 dan paling rendah 0,214 di golongan tarif R.2 / 3.500 VA s.d 5.500 VA. Hasil pengklusteran faktor beban, anggota paling sedikit terdapat pada cluster 2 yang menunjukkan nilai faktor beban tinggi dibanding dua cluster yang lainnya. Hasil pengklusteran cluster 0 dan cluster 1 terdapat masing-masing 6 anggota. Pengklusteran faktor beban pada bulan Maret dan April menunjukkan bahwa anggota setiap cluster memiliki golongan tarif yang sama. Hal ini dikarenakan penambahan jumlah pelanggan tidak terlalu banyak pada setiap golongan tarif terhitung dari bulan maret ke April. Kapasitas trafo pada perhitungan lebih besar jika dibandingkan dengan trafo yang terpasang di lapangan. Hal tersebut dikarenakan pada fakta di lapangan, pelanggan tidak menggunakan listrik dalam waktu yang bersamaan dengan konsumsi listrik secara maksimal.

PERSANTUNAN

Segala puji bagi Allah SWT atas semua rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa kita tunggu syafaatnya di hari kiamat. Ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan support serta dukungan kepada penulis.
2. Bapak Umar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing penulis dengan sabar.
3. Bapak dan ibu dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mengajarkan ilmunya selama proses perkuliahan.
4. Teman-teman Teknik Elektro 2017 yang telah memberikan dukungan dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
5. BTS, 7 orang laki-laki dari Korea Selatan yang telah menjadi salah satu support system selama ini lewat karya-karyanya, serta teman-teman Army yang selalu ada untuk menghibur penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Li, Matthew; Allinson, David; He, Miaomiao. 2018. *“Seasonal variation in household electricity demand: A comparison of monitored and synthetic daily load profiles”*. School of

Architecture, Building and Civil Engineering, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire LE11 3TU, UK.

Fischer, David; Hartla, Andreas; Wille-Haussmann, Bernhard. 2015. *“Model for Electric Load Profiles with High Time Resolution for German Households”*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Freiburg, Germany.

Sharma, Desh Deepak; Singh, S.N. 2014. *“Electrical Load Profil Analysis and Peak Load Assessment Using Clustering Technique”*. Electrical Engineering Department Indian Institute of Technology Kanpur Kanpur, India.

Bayram, Ialam Safak; Saffouri, Faraj; Koc, Muammer. 2018. *“Generation, Analysis and Applications of High Resollution Electricity Load Profiles in Qatar”*. Qatar Environment and Energy Research Institute, Hamad Bin Khalifa University.

M. Korunović, Lidija; S. Jović, Aleksandar; Z. Djokic, Sasa. (2019). *“Measurement Based Evaluation of Static Load Characteristics of Demands in Administrative Buildings”*. Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Niš 18000, Serbia.

S. Sampeallo, Agusthinus. 2012. *“Penentuan Kapasitas Transformstor Daya pada Perencanaan Gardu Induk (GI) Sistem 70 KV (Studi Kasus Pembangunan Gardu Induk Ende – Ropa - Maumere)”*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia.

Da Costa Belo, Tomas; Notosudjono, Didik; Suhendi,Dede. 2016. *“Analisa Kebutuhan Daya Listrik Di Gedung Perkuliahan 10 Lantai Universitas Pakuan Bogor”*. Universitas Pakuan Bogor, Indonesia.

Prihananto, Cahyo; M. Isnaeni B.S; Susilo Wijoyo, Yusuf. 2014. *“Karakteristik Beban Listrik Di Lingkungan Fakultas Teknik UGM Berbasis Data Rekaman Powerlogic PM710 dan PM810 Schneider”*. Universitas Gadjah Mada, Indonesia.

Aneiros, German; Vilar, Juan; Rana, Paula. 2016. *“Short-term forecast of daily curves of electricity demand and price”*. Departamento de Matematicas, Spain.

Wati, Afrina; dkk. 2019. *“Implementasi Data Mining pada Kasus Tenaga Listrik yang Dibangkitkan Berdasarkan Provinsi”*. Sistem Informasi, STIKOM Tunas Bangsa, Pematangsiantar, Indonesia

Kadaffi, Muhamar. *“Perancangan Sistem Tenaga Listrik”*. Universitas Mercu Buana, Indonesia.